

 Media

# Statistika

Identifikasi Pola Distribusi Curah Hujan Maksimum dan Pendugaan Parameternya Menggunakan Metode Bayesian Markov Chain Monte Carlo

Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Mutu Benang Menggunakan Metode Pohon Regresi (Studi Kasus di PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Grati)

Analisis Pengaruh Karakteristik Wilayah (Kelurahan) Terhadap Banyaknya Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Semarang

Inferensi Statistik dari Distribusi Normal dengan Metode Bayes untuk Non-Informatif Prior

Perancangan untuk Menentukan Setting Parameter Optimum pada Proses Pembuatan Produk Roll

Penentuan Model Antrian Bus Antar Kota di Terminal Mangkang

# Media Statistika

Vol. 5 No. 2, Desember 2012

---

## Pelindung

Dekan Fakultas MIPA Universitas Diponegoro

## Pimpinan Redaksi

Drs. Sudarno, M.Si.

## Mitra Bestari

Prof. Drs. Mustafid, M.Eng., Ph.D.	Universitas Diponegoro
Dr. rer. nat. Dedi Rosadi, M.Sc.	Universitas Gadjah Mada
Dr. Abdurakhman, M.Si.	Universitas Gadjah Mada

## Dewan Redaksi

Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si.  
 Dra. Tatik Widiyari, M.Si.  
 Drs. Tarno, M.Si.  
 Drs. Rukun Santoso, M.Si.  
 Drs. Agus Rusgiyono, M.Si.  
 Dra. Suparti, M.Si.

## Sekretaris Redaksi

Di Asih I Maruddani, S.Si., M.Si.  
 Yuciana Wilandari, S.Si., M.Si.  
 Hasbi Yasin, S.Si., M.Si.

## Bendahara

Triastuti Wuryandari, S.Si., M.Si.

## Distribusi

Sugito, S.Si., M.Si.

## Alamat Redaksi

Gedung Lt. III Jurusan Statistika  
 Fakultas MIPA Universitas Diponegoro  
 Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50255  
 Telp. (024) 74789493 Fax. (024) 76480922  
 Email : [mediastatistika@gmail.com](mailto:mediastatistika@gmail.com)

Media Statistika diterbitkan oleh Jurusan Statistika Fakultas MIPA  
 Universitas Diponegoro Semarang. Terbit sejak bulan Juni 2008.

Jurnal ini terbit 2 (dua) kali setahun pada bulan Juni dan Desember.

Redaksi menerima naskah yang belum pernah diterbitkan oleh media lain  
 berupa hasil penelitian maupun non penelitian.

Penulisan naskah Media Statistika tercantum pada bagian akhir jurnal ini.

Harga langganan Rp. 150.000,00 per tahun, termasuk ongkos kirim,

NO REKENING : 0033010238 BNI Cabang Undip Semarang,  
 a.n. Triastuti Wuryandari

yang diterima dikenakan biaya muat Rp. 100.000,00 untuk setiap artikel.

Penyurat mengenai naskah yang akan diterbitkan, langganan, dan lain-lain  
 dialamatkan langsung ke alamat redaksi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>Identifikasi Pola Distribusi Curah Hujan Maksimum dan Pendugaan Parameternya Menggunakan Metode <i>Bayesian Markov Chain Monte Carlo</i></b> <i>Moch. Abdul Mukid, Yuciana Wilandari</i>	63-74
<b>Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Indeks Mutu Benang Menggunakan Metode Pohlon Regresi (Studi Kasus Di PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Grati)</b> <i>Hesti Sari Dewi K. W., Yuciana Wilandari, Sudarno</i>	75-86
<b>Analisis Pengaruh Karakteristik Wilayah (Kelurahan) Terhadap Banyaknya Kasus Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Semarang</b> <i>Rita Rahmawati, Kartono, Robertus Heri S.U., Beta Noranita, Eko Adi Sarwoko, Asep Yoyo Wardaya</i>	87-93
<b>Inferensi Statistik dari Distribusi Normal dengan Metode Bayes untuk Non-Informatif Prior</b> <i>Alan Prahutama, Sugito, Agus Rusgiyono</i>	95-104
<b>Perancangan untuk Menentukan Setting Parameter Optimum pada Proses Pembuatan Produk Roll</b> <i>Paulus Wisnu Anggoro</i>	105-118
<b>Penentuan Model Antrian Bus Antar Kota Di Terminal Mangkang</b> <i>Dwi Ispriyanti, Sugito</i>	119-127

# PERANCANGAN UNTUK MENENTUKAN SETING PARAMETER OPTIMUM PADA PROSES PEMBUATAN PRODUK ROLL

**Paulus Wisnu Anggoro<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma  
Jaya Yogyakarta INDONESIA.  
Email: [p\\_wisnu@mail.uaaj.ac.id](mailto:p_wisnu@mail.uaaj.ac.id)

## Abstrak

Design of Experiment (DOE) is the design of any information gathering exercise where variation is preset, whether under the full control at the experiment or not. Problem faced by Atmaja Jaya Industry, Klaten is how to produce high quality product with a minimal amount of defective products. Therefore, this study will look at factor that affect the quality of roll 6" TL in order to obtain the best level setting in the production process. This study uses experimental design with the Taguchi method. Factors to be tested in this study is long making liquid metal (factor A), the old foundry (factor B), and total time of casting (factor C). Each factor has three levels so that the use of orthogonal array  $L_93^4$ . From the result of pooling up mean, the best level combination of factors that affect the quality of roll 6" TL is the length of manufacture of liquid metal which set at 100 minutes, the old foundry is set at 5 seconds and the total time of casting that set in 14 minutes. While the result of pooling up SN ratio for the best level combination of factors that affect the quality of production process variants roll 6 "TL which the length of the manufacture of liquid is set at 100 minutes and total time of casing that are set in 14 minutes.

**Keywords:** Taguchi Method, Orthogonal Array, Roll 6"TL, Product Defect

## 1. Pendahuluan

### a. Latar Belakang

Rancangan percobaan (*Design of Experiment* (DOE)) adalah serangkaian perlakuan yang dicobakan pada perubahan variable *input* suatu proses hingga dapat mengidentifikasi penyebab perubahan *output* dari respon. Salah satu tujuan rancangan percobaan adalah mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon, mengoptimalkan proses produksi dan salah satu metode rancangan percobaan yang digunakan adalah metode Taguchi<sup>[2, 8]</sup>. Sehingga rancangan percobaan sering digunakan oleh perusahaan-perusahaan untuk mengoptimalkan proses produksinya. Salah satunya adalah industri cor logam.

Industri cor logam yang memproduksi komponen mesin memiliki peranan yang cukup vital di bidang industri. Hal ini terjadi karena sebagian komponen mesin yang digunakan dapat dibuat di Indonesia. Berkembangnya industri cor logam dengan proses *sand casting* yang ada menimbulkan persaingan keta tantara pelaku produksi. Industri cor logam berkembang pesat di Kabupaten Klaten tepatnya Desa Batur, Kecamatan Ceper.

Penelitian ini dilakukan di PT. Atmaja Jaya yang bergerak di industri cor logam yang berlokasi di Desa Batur, Ceper, Klaten. Perusahaan ini bukan termasuk *home industry* karena tidak dikelola oleh perorangan saja. Produk yang dibuat adalah produk *recycle* yang artinya apabila terjadi cacat dalam produk akhir maka dapat diolah Kembali dengan cara dijadikan bahan baku utama berupa *gram*.

Tahap penelitian awal yang dilakukan peneliti adalah proses pengambilan data awal berupa jumlah produksi dan jumlah produk cacat. Data awal yang diambil dapat memberikan

kesimpulan bahwa perusahaan kemungkinan dapat mengalami kerugian yang besar. Dalam satu semester PT. Atmaja Jaya, Klaten dapat memproduksi produk *roll* sejumlah 87.026 unit produk setengah jadi. Jumlah tersebut dapat diolah menjadi produk *roll* jadi dan dapat langsung dikirimkan kepada konsumen. Angka produksi tersebut adalah perkiraan permintaan pasar dan pendapatan pihak perusahaan. Menurut perhitungan perkiraan pendapatan, perusahaan memiliki perkiraan pendapatan sejumlah Rp 1.079.018.000,00 per 6 (enam) bulan dengan mengabaikan kerugian terhadap jumlah produksi cacat. Perhitungan jumlah cacat yang dialami perusahaan selama satu semester berjumlah 6.686 unit. Sedangkan perhitungan perkiraan kerugian yang dialami perusahaan sebesar Rp 83.670.000,00 per semester. Angka perkiraan kerugian yang sebesar itu akan dialami perusahaan dan tidak menutup kemungkinan akan menjadi lebih besar pada semester-semester berikutnya.

Penelitian awal juga bertujuan untuk membantu peneliti memilih produk *roll* mana yang akan diteliti. Peneliti menetapkan bahwa produk *roll* setengah jadi tipe 6"TL adalah produk yang akan diteliti. Peneliti melihat angka perkiraan kerugian pada produk *roll* setengah jadi tipe 6"TL adalah yang terbesar. Perusahaan mengalami kerugian sebesar Rp 29.656.000,00 per semester karena produk *roll* setengah jadi tipe 6"TL memiliki jumlah cacat yang terbanyak[6]. Selain itu juga bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang muncul pada proses produksi. Permasalahan tingginya jumlah cacat produk yang terjadi karena proses produksi yang salah. Penelitian ini akan menganalisis faktor pada proses produksi yang berpengaruh terhadap kualitas hasil produk *roll* 6"TL. Selain itu bertujuan juga menganalisis pada level berapa yang optimal pada setiap faktor yang dianggap berpengaruh sehingga dapat mengurangi jumlah produk cacat yang terjadi.

#### **b. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latarbelakang permasalahan maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan kualitas *roll* yang optimal dengan menggunakan metode Tauuchi?

#### **c. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil produksi pada proses produksi pembuatan *roll* setengah jadi tipe 6"TL.
2. Menentukan setting parameter yang tepat agar mendapatkan kualitas *roll* yang optimal.

#### **d. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Produk yang menjadi objek penelitian adalah *roll* 6"TL.
2. Metode penelitian yang dipakai adalah perancangan eksperimen dengan metode Taguchi.
3. Tidak membahas *uncontrolled factor* seperti cuaca lingkungan kerja.
4. Penelitian dilakukan hanya sampai pada tahap pembongkaran cetakan atau produk setengah jadi.



## 2. Landasan Teori

### a. Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah suatu metode dimana kualitas diukur berdasarkan deviasi dari karakter terhadap nilai targetnya<sup>[7, 8]</sup>. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah “*The quality of a product is the (minimum) loss imparted by the product to society from the time the product is shipped*”, yang berarti bahwa kualitas suatu produk adalah kerugian minimum yang diberikan oleh suatu produk kepada masyarakat atau konsumen sejak mulai produk tersebut siap untuk dikirim ke konsumen. Metode Taguchi merupakan Teknik untuk merekayasa atau memperbaiki produktivitas selama tahap pengembangan, supaya produk-produk yang berkualitas dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya yang rendah. Selain itu Taguchi menyatakan dua pendekatan kualitas yaitu *on line quality control* dan *off line quality control*<sup>[2]</sup>.

*On line quality control* adalah kegiatan pengendalian kualitas yang bersifat reaktif atau tindakan pengendalian kualitas yang dilakukan setelah kegiatan produksi berjalan. Sedangkan *Off line quality control (product design)* lebih bersifat preventif yang artinya adalah pengendalian kualitas yang dilakukan sebelum proses produksi berjalan<sup>[3, 4]</sup>.

### b. Orthogonal Array

*Orthogonal array* digunakan untuk mendesain percobaan yang efisien dan menganalisis data percobaan serta meminimalkan jumlah eksperimen yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang berpengaruh.

Penelitian ini menggunakan  $L_9(3^4)$  hal tersebut diperoleh 3 faktor yang berpengaruh serta ada 3 level yang akan diuji. Eksperimen dipilih 9 kali observasi karena dalam table standar *orthogonal array* yang mendekati 3 faktor dengan 3 level adalah kolom  $L_9(3^4)$ . Pemilihan *orthogonal array* harus memenuhi pertidaksamaan<sup>[2]</sup>:

$$V_{OA} \geq V_T \quad (1)$$

yaitu jumlah eksperimen – 1  $\geq$  jumlah total derajat bebas untuk semua faktor dan interaksinya, dengan :

$V_{OA}$  : jumlah percobaan – 1

$V_T$  : jumlah total df dari seluruh faktor

Berikut table standar untuk *orthogonal array* yang ditabulasi oleh Taguchi<sup>[2]</sup>:

**Tabel 1.** Standar *Orthogonal Array*

2 Level	3 Level	4 Level	5 Level	Mixed-Level
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{16}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1 \times 3^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$	-	$L_{32}(2^1 \times 4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^{40})$	-	-	$L_{36}(2^{11} \times 3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$	-	-	-	$L_{36}(2^3 \times 3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$	•	•	•	$L_{54}(2^1 \times 3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$	•	•	•	$L_{50}(2^1 \times 5^{11})$

### c. Pengujian Distribusi Normal dan Homogenitas Data

Uji kenormalan data ini untuk mengetahui bahwa populasi yang diselidiki berdistribusi normal. Menguji kenormalan data menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan hipotesis<sup>[1, 8]</sup>.

$H_0$  :  $F(x) = F_0(x)$  (Sampel berasal dari populasi dengan distribusi normal)

$H_1$  :  $F(x) \neq F_0(x)$  (Sampel bukan berasal dari populasi dengan distribusi normal)

Statistik Uji :  $D = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$

dengan  $D$  = nilai supremum untuk semua  $x$  dari absolut selisih  $S(x)$  dan  $F_0(x)$

$S(x)$  = fungsi distribusi empiris

$F_0(x)$  = fungsi distribusi kumulatif normal

Kriteria Uji : Tolak  $H_0$  jika  $D > D^*(\alpha)$ , dengan  $D^*(\alpha)$  merupakan nilai kritis yang diperoleh dari table *Kolmogorov-Smirnov* atau  $H$  ditolak jika  $p\text{-value} < \alpha$

Sedangkan uji homogenitas data menggunakan Bartlett test dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah sampel tersebut ditarik dari populasi yang berdistribusi seragam.

#### d. Analisis Keragaman

Analisis Keragaman (*Analysis of Variance* (ANOVA)) merupakan alat analisis yang efektif bagi perbandingan populasi yang simultan untuk menentukan apakah populasi-populasi tersebut identik atau berbeda secara signifikan. Selain itu juga digunakan bersama suatu perancangan eksperimen. Dalam melakukan analisis keragaman melalui beberapa Langkah berikut<sup>[1, 8]</sup>:

##### 1. Menghitung jumlah kuadrat

Perhitungan jumlah kuadrat (*sum of squares* (SS)) dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

##### a) Jumlah kuadrat total

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c \sum_{l=1}^n X_{ijkl}^2 - \frac{T^2}{abcn} \quad (2)$$

dengan  $T = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l X_{ijkl} \quad (3)$

$a$  = jumlah faktor A

$b$  = jumlah faktor B

$c$  = jumlah faktor C

$n$  = jumlah replikasi

##### b) Jumlah kuadrat perlakuan

$$SS_A = \frac{1}{bcn} \sum_{i=1}^a X_i^2 - \frac{T^2}{abcn} \quad (4)$$

$$SS_B = \frac{1}{acn} \sum_{j=1}^b X_j^2 - \frac{T^2}{abcn} \quad (5)$$

$$SS_C = \frac{1}{abn} \sum_{k=1}^c X_k^2 - \frac{T^2}{abcn} \quad (6)$$

##### c) Jumlah kuadrat interaksi dua faktor

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= \frac{1}{cn} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b X_{ij}^2 - \frac{T^2}{abcn} - SS_A - SS_B \\ &= SS_{Subtotals(AB)} - SS_A - SS_B \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
SS_{AC} &= \frac{1}{bn} \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^c X_{ik}^2 - \frac{T^2}{abcn} - SS_A - SS_C \\
&= SS_{Subtotals(AC)} - SS_A - SS_C
\end{aligned} \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
SS_{BC} &= \frac{1}{an} \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c X_{jk}^2 - \frac{T^2}{abcn} - SS_B - SS_C \\
&= SS_{Subtotals(BC)} - SS_B - SS_C
\end{aligned} \tag{9}$$

d) Jumlah kuadrat interaksi tiga faktor

$$\begin{aligned}
SS_{ABC} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c X_{ijk}^2 - \frac{T^2}{abcn} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} \\
&= SS_{Subtotals(ABC)} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC}
\end{aligned} \tag{10}$$

e) Jumlah kuadrat error

$$SS_E = SS_T - (SS_{Treatments} + SS_{Interactions}) \tag{11}$$

## 2. Menentukan derajat bebas

Perhitungan derajat bebas (*degrees of freedom* (df)) dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor-faktor yang diamati<sup>[2]</sup>. Derajat kebebasan untuk faktor dan level faktor dihitung dengan rumus:

$$V_T = \text{jumlah level} - 1 \tag{12}$$

Derajat kebebasan untuk *orthogonal array* adalah:

$$V_{OA} = \text{jumlah eksperimen} - 1 \tag{13}$$

Misalkan  $n_A$  dan  $n_B$  adalah jumlah level untuk faktor A dan faktor B maka <sup>[2]</sup>:

$$V_A = n_A - 1 \tag{14}$$

$$V_B = n_B - 1$$

$$V_A \times V_B = (n_A - 1)(n_B - 1) \tag{15}$$

$$V_T = (n_A - 1) + (n_B - 1) + (n_A - 1)(n_B - 1) \tag{16}$$

dengan  $V_A$  = derajat bebas faktor A

$V_B$  = derajat bebas faktor B

$V_A \times V_B$  = derajat bebas interaksi faktor A x B

$V_T$  = derajat bebas total

## 3. Menghitung Rataan Kuadrat

Rataan kuadrat (*Mean squares* (MS)) diperoleh dengan cara membagi jumlah kuadrat dengan derajat bebas yang sesuai. Jelasnya berikut ini<sup>[2]</sup>:

$$MS_{Treatments} = \frac{SS_{Treatments}}{df_{Treatments}} \tag{17}$$

$$MS_{Interactions} = \frac{SS_{Interactions}}{df_{Interactions}} \tag{18}$$

$$MS_{Error} = \frac{SS_E}{df_{Error}} \tag{19}$$

## 4. Menghitung F ratio

Uji ini dilakukan untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan pada faktor-faktor dan interaksi antar faktor. Uji ini dilakukan dengan cara membandingkan variasi yang disebabkan masing-masing faktor dengan variasi eror. Variasi eror adalah



variasi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor luar yang tidak dapat dikendalikan. Misal untuk faktor A, maka uji F *ratio* adalah sebagai berikut<sup>[2]</sup>:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_E} \quad (20)$$

dengan  $MS_A$  = rata-rata jumlah kuadrat A,  $MS_E$  = rata-rata jumlah kuadrat eror

##### 5. Mencari nilai kritis F

Hasil uji F *ratio* tersebut dibandingkan dengan nilai F dari table pada harga  $\alpha$  tertentu. Nilai kritis F ( $F_{critical}$ ) ditentukan dari table distribusi F, tergantung pada derajat kebebasan pada *numerator* ( $df_{Numerator}$ ), derajat kebebasan pada *determinator* ( $df_{Dominator}$ ), dan *level of significance* yang dipilih ( $\alpha$ ).

$$F_{critical} = F((df_{Numerator}), (df_{Dominator}), \alpha) \quad (21)$$

dengan

$df_{Numerator}$  = derajat bebas untuk faktor,  $df_{Dominator}$  = derajat bebas untuk eror  
 $\alpha$  = tingkat kesalahan

Nilai  $F_{critical}$  ini dibandingkan dengan nilai  $F_{ratio}$  untuk menentukan apakah variasi data yang signifikan atau tidak. Keputusannya:

Jika  $F_{ratio}$  lebih besar dari  $F_{critical}$ , maka uji dikatakan signifikan.

Jika tidak demikian uji dikatakan tidak signifikan.

##### e. Signal to Noise Ratio

*Signal* adalah nilai rata-rata dari karakteristik dan menampilkan komponen yang diinginkan, yang mendekati nilai target yang telah ditentukan. Sedangkan *noise* adalah komponen yang tidak diinginkan dan diukur melalui variabilitas karakteristik *output*. *Signal to ratio* (S/N *ratio*) ini merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar pengaruh faktor terkendali terhadap kualitas produk yang dihasilkan dan memperhitungkan variasi produk yang dihasilkan serta seberapa dekat produk tersebut dengan target yang telah ditentukan. S/N *ratio* digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variasi suatu faktor.

Rumus perhitungan S/N *ratio* yang digunakan, yaitu *Nominal is The Best*. Nilai yang dituju adalah nilai nominal tertentu yang didekati dari dua arah. Semakin mendekati nilai nominal kualitasnya semakin baik. Fungsi ini formulasinya sebagai berikut<sup>[2]</sup>.

$$\eta = 10 \log_{10} \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (24)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (25)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i - \mu)^2 \quad (26)$$

dengan

y	= rata-rata pengamatan
$s^2$	= besarnya varian
$y_i$	= pengamatan perulangan ke-i
n	= banyak perulangan

#### f. Strategi *Pooling Up*

Strategi *pooling up* dirancang oleh Taguchi untuk mengestimasi varian *error* pada analisis varian sehingga estimasi yang dihasilkan akan lebih baik. Strategi ini akan mengakumulasi beberapa varian error dari beberapa faktor yang kurang berarti. Strategi ini menguji F efek kolom terkecil terhadap yang lebih besar berikutnya untuk melihat kesignifikannya. Dalam hal ini jika tidak ada rasio F signifikan yang muncul maka kedua efek tersebut *dipooling* untuk menguji kolom yang lebih besar berikutnya sampai dengan rasio F yang signifikan muncul. Atau dengan kata lain *pooling up* dilakukan jika pengaruh semua faktor yang diteliti tidak ada yang signifikan. Ini terjadi jika varian kesalahan yang mewakili kesalahan dalam percobaan mempunyai jumlah kuadrat yang paling kecil atau nol. Oleh karena itu pengaruh faktor yang mempunyai jumlah kuadrat kesalahan demikian seterusnya hingga diperoleh yang signifikan. Makin besar harga rasio F, makin signifikan sumber tersebut.

Dari faktor yang tersisa tersebut akan kembali dilakukan *F-test* sampai diperoleh hasil *pooled* setengah dari nilai derajat kebebasan *orthogonal array*. Tujuannya untuk menghindari estimasi yang berlebihan, selain itu semakin besar nilai derajat bebas dari jumlah kuadrat error maka estimasi jumlah kuadrat error juga lebih baik<sup>[2]</sup>

Strategi *pooling up* cenderung memaksimalkan jumlah kolom yang dipertimbangkan signifikan. Dengan keputusan signifikan faktor – faktor tersebut akan digunakan dalam putaran percobaan selanjutnya atau dalam desain produk atau proses. Dengan demikian kecenderungan melakukan kesalahan  $\alpha$  (kesalahan tipe I) akan membesar yaitu pertimbangan bahwa faktor menyebabkan perbaikan padahal tidak. Namun keadaan ini lebih baik dari pada melakukan kesalahan  $\beta$  (kesalahan tipe II) yaitu pertimbangan bahwa faktor tidak menyebabkan perbaikan padahal sebenarnya menyebabkan perbaikan, rumusnya<sup>[2]</sup>:

$$S(\text{Pooled } e) = S_e + S_D \quad (27)$$

$$V(\text{Pooled } e) = v_e + v_D \quad (28)$$

$$M(\text{Pooled } e) = \frac{S(\text{Pooled } e)}{V(\text{Pooled } e)} \quad (29)$$

#### g. Analisis Regresi

Model regresi memiliki variable respon (Y) dan variable (X). variable respon adalah variable yang dipengaruhi oleh variable predictor. Variable respon sering dikenal sebagai variable dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian variable prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variable respon dan sering disebut variable independent karena peneliti bebas mengendalikannya. Kedua variable dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut<sup>[1, 8]</sup>:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (33)$$

dengan:

Y = variable respon

$\beta_i$  = koefisien regresi, ( $i = 0, 1, 2, \dots, k$ )

$X_i$  = variable independent ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots, k$ )

#### h. Response Surface Methodology

*Response Surface Methodology* (RSM) adalah sekumpulan metode matematika dan teknik-teknik statistik yang bertujuan membuat model dan melakukan analisis mengenai

respon yang dipengaruhi oleh beberapa variable<sup>[5]</sup>. Peneliti menggunakan RSM sebagai upaya mencari fungsi hubungan antara variable respons dengan variable independen yang tepat. Dalam permasalahan RSM, peneliti sering tidak mengetahui hubungan antara variable respon dan variable independent. Untuk memodelkannya, perlu memeriksa apakah model antarvariabel adalah model linear (model orde satu atau model polinomial). Apabila dalam system terdapat pola tidak linear, tentu model yang tepat adalah model polinomial orde tinggi<sup>[8]</sup>.

#### Model RSM

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{22} X_2^2 + \dots + \varepsilon \quad (34)$$

#### Model RSM orde satu

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (35)$$

#### Model RSM orde dua

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \dots + \beta_{12} X_1 X_2 + \dots + \varepsilon \quad (36)$$

dengan  $Y$  = variable respon

$\beta_i$  = koefisien regresi, ( $i = 0, 1, 2, \dots, k$ )

$X_i$  = variable independent ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots, k$ )

Setelah persamaan model orde dua yang dibentuk telah sesuai, maka Langkah selanjutnya adalah menentukan titik stasioner. Titik stasioner adalah titik dimana respon yang diamati dapat berupa titik maksimal, minimal atau pelana<sup>[8]</sup>.

### 3. Data dan Analisis Data

#### 3.1. Identifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap respon

Identifikasi faktor-faktor yang dianggap berpengaruh terhadap respon (dalam hal ini adalah hasil pengecoran logam yang optimum) dengan menggunakan kuesioner. Selanjutnya hasil dari kuesioner diolah dengan menggunakan diagram pareto. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Faktor dan Nilai Level Yang Digunakan

No	Faktor	Level Faktor		
		Level 1	Level 2	Level 3
1	Lama Pembuatan Cairan Logam	90 menit	100 menit	110 menit
2	Lama Penuangan	3 detik	4 detik	5 detik
3	Total Waktu Penuangan	14 menit	16 menit	20 menit

#### 3.2. Data Eksperimen

Eksperimen yang dilakukan kali ini memiliki 3 parameter control dengan 3 level. Maka *orthogonal array* yang dipilih adalah jenis *orthogonal array* untuk 3 level parameter. *Layout design orthogonal array* yang digunakan adalah  $L_9(3^4)$  dan menggunakan 9 perlakuan eksperimen dengan 4 replikasi pada tiap perlakuan. Dimana huruf A (lama pembuatan cairan logam), B (lama penuangan) dan C (total waktu penuangan). Angka-angka 1, 2, dan 3 menunjukkan level dari tiap parameter. R1, R2, R3,

dan R<sub>4</sub> menunjukkan hasil replikasi respon yang diukur dalam jumlah cacat produks, data eksperimen dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Eksperimen

EXP	A	B	C	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	1	1	1	236	255	212	243
2	1	2	2	216	232	244	229
3	1	3	3	262	221	216	232
4	2	1	2	268	255	281	201
5	2	2	3	240	264	211	244
6	2	3	1	104	124	97	102
7	3	1	3	242	236	242	241
8	3	2	1	140	172	144	142
9	3	3	2	235	240	244	239

### 3.3. Pengolahan Data

1. Uji normalitas dan homogenitas yang pertama kali dilakukan untuk bisa dilanjutkan ke Anova, karena syarat untuk ke uji Anova data harus normal dahulu. Dari hasil uji normalitas dengan menggunakan SPSS 15 didapatkan data berkontribusi normal. Dapat dilihat pada asymp.sign R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, dan R<sub>4</sub> lebih besar dari nilai  $\alpha$  (0,05).

**Tabel 3.** One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
N		9	9	9	9
Normal Parameters(a,b)	Mean	215,88890	222,11100	209,00000	208,11111
	Std Deviation	56,07237	45,64385	55,89499	51,51321
Most Extreme Differences	Absolute	0,30000	0,26800	0,29200	0,32400
	Positive	0,17600	0,17900	0,15400	0,24300
	Negative	-0,30000	-0,26800	-0,29200	0,32400
Kolmogorov-Smirnov Z		0,90000	0,80400	0,87600	0,97200
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,39300	0,53700	0,42600	0,30100

a Test distribution is Normal

b Calculated from data

2. Untuk uji homogenitas dengan menggunakan Bartlett test, dengan perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel. Karena  $X^2_{hitung} = 0,8998 \leq X^2_{tabel} = 5,991$  sehingga dapat disimpulkan data yang ada termasuk homogen.
3. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan ANOVA terhadap rata-rata (mean) dan SN Ratio. Dengan melakukan strategi *pooling up* untuk mengoptimalkan faktor/interaksi antar faktor dengan syarat apabila  $M_q$  faktor lebih kecil daripada  $M_{q_{error}}$  dan bila  $F_{hitung}$  lebih kecil daripada  $F_{tabel}$ .

#### a. Mean dan *Pooling Up* Mean

Perhitungan mean disajikan pada Tabel 4, yaitu didapatkan bahwa  $M_s$  yang faktornya lebih kecil dari  $M_{s_{error}}$ , tidak ada. Hal lain yang harus diperhatikan adalah nilai  $F_{hitung}$  dengan nilai  $F_{table}$ . Jika nilai  $F_{hitung}$  faktor lebih kecil dari nilai  $F_{table}$ , maka faktor tersebut harus di *pooling up*. Hal tersebut dilakukan karena faktor tersebut tidak berpengaruh secara signifikan sehingga digabungkan dengan nilai

*error*. Hasil perhitungan mean menunjukkan bahwa nilai F hitung tidak ada yang lebih kecil dari F table. Dimana nilai F table untuk tingkat kepercayaan 95% dengan derajat kebebasan 2 adalah  $F_{0,05;2;29} = 3,33$

**Tabel 4.** Ringkasan Perhitungan *Mean*

Source	S	V	MS	F-ratio	S'	rho%
A	31,76182	2	3663,7002	4,7468	5783,7494	6,48
B	6,09531	2	7630,5095	9,8863	13717,3680	15,38
C	3,76198	2	22115,2606	28,6532	42686,8701	47,86
Error	22382,9395	29	771,8255	1,0000	27013,8925	30,28
St	89201,88	35	2548,6251		89201,8800	100,00
Mean	1645234,12	1				
ST	1734436	36				

b. SN Ratio dan *Pooling Up* SN Ratio

**Tabel 5.** Ringkasan Perhitungan SN Ratio

Source	SNR	V	MS SNR	F-ratio
A	189,5529	2	94,77645	27,381
B	16,3073	2	8,15365	2,3556
C	61,4718	2	30,7359	8,8796
Error	100,3795	29	3,4616	1
St	367,7115	35	10,506	
Mean	5217,4907	1		
ST	5585,2022	36		

**Tabel 6.** *Pooling Up* SN Ratio Iterasi 1

Source	Pool	SNR	v	MS SNR	F-ratio
A		189,5529	2	94,77645	25,1791
B	Y	16,3073	2	-	-
C		61,4718	2	30,7359	8,1655
Error	Y	100,3795	29	-	-
Pooled		116,6868	31	3,7641	
St		367,7115	35	10,506	
Mean		5217,4907	1		
ST		5585,2022	36		

Pada proses *pooling up* SN Ratio ini, proses *pooling* dilakukan hanya satu kali dan untuk sumber yang memiliki nilai  $F_{hitung}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$

**Tabel 7.** Hasil Akhir Perhitungan *Pooling Up* SN Ratio

Source	SNR	V	MS SNR	F-ratio
A	189,5529	2	94,77645	27,1791
C	61,4718	2	30,7359	8,1655
Pooled	116,6868	31	3,7641	-
St	367,7115	35	10,506	
Mean	5217,4907	1		
ST	5585,2022	36		

4. Pemilihan seting level terbaik

**Tabel 8.** Pemilihan Seting Level Setiap Faktor yang Mempengaruhi *Mean*

Faktor	A	B	C
1	233,1667	241,8333	164,25
2	199,25	206,5	240,3333
3	208,9167	193	236,75

dipilih
dipilih
dipilih

**Tabel 9.** Pemilihan Seting Level Setiap Faktor yang Mempengaruhi *SN Ratio*

Parameter/level	A	C
1	23,1328	20,437
2	18,9894	26,4484
3	30,1102	25,3469

dipilih
dipilih

5. Untuk menentukan seting parameter optimum, maka dilanjutkan ke analisis *Response Surface Method*.

a. Regresi Orde satu

Berikut model regresi orde 1 yang sesuai (perhitungan menggunakan software Minitab 13)

$$Y = 214 - 12,1 X_1 - 24,4 X_2 + 36,3 X_3$$

b. Regresi Orde dua

Pembentukan model regresi Orde dua dilakukan untuk mengoptimalkan respon dan seting parameter yang optimum dengan hasil sebagai berikut:

$$Y_{fit} = 214 - 12,1 X_1 - 24,4 X_2 + 36,6 X_3 - 12,1 X_1^2 - 24,4 X_2^2 + 36,6 X_3^2 + 295,24 X_1 X_2 - 439,23 X_1 X_3 - 885,75 X_2 X_3$$

Nilai  $X_1, X_2$ , dan  $X_3$  dicari dengan rumus  $X_S = -0,5 \times B^{-1} \times b$ , dapat dicari dengan menggunakan persamaan matrik, sehingga didapatkan nilai  $X_1 = -0,1181$ ,  $X_2 = -0,0230$ , dan  $X_3 = 0,0158$ . Dengan demikian, nilai – nilai tersebut dimasukkan ke dalam model orde 2 dan didapatkan  $Y_{fit} = 216,3234$ .



EXP	A	B	C	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
1	1	1	1	236	255	212	243
2	1	2	2	216	232	244	229
3	1	3	3	262	221	216	232
4	2	1	2	268	255	281	201
5	2	2	3	240	264	211	244
6	2	3	1	104	124	97	102
7	3	1	3	242	236	232	241
8	3	2	1	140	172	144	142
9	3	3	2	235	240	244	239

Pooling Up SN Ratio

Mean

Mean

#### 4. Kesimpulan

Dari pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang dianggap mempengaruhi kualitas hasil produksi produk *roll 6"TL*, adalah lama pembuatan cairan logam, kadar air pada campuran, lama waktu penuangan, lama pendinginan, total waktu penuangan, suhu cairan, ketebalan kucu, dan ketebalan cetakan. Faktor-faktor yang dianggap paling mempengaruhi kualitas hasil produksi produk *roll 6"TL* adalah:
  - a. Lama pembuatan cairan logam (faktor A)
  - b. Lama penuangan (faktor B)
  - c. Total waktu penuangan (faktor C)
2. Kombinasi seting level yang optimal berdasarkan hasil penelitian adalah:
  - a. Kombinasi seting level yang mempengaruhi rata-rata kualitas hasil produksi produk *roll 6"TL* pada faktor lama pembuatan cairan logam adalah pada level 100 menit, faktor lama penuangan adalah pada level 5 detik, faktor total waktu penuangan adalah pada level 14 menit.
  - b. Kombinasi seting level yang mempengaruhi varian kualitas hasil produksi roll *6"TL*:
    - i. Faktor A, lama pembuatan cairan logam pada level 2 dengan seting waktu 100 menit.
    - ii. Faktor C, total waktu penuangan pada level 1 dengan seting waktu 14 menit.
  - c. Kombinasi seting level dengan *Response Surface Method*, ada pada perlakuan kedua yaitu lama pembuatan cairan logam 90 menit, lama penuangan pada 4 detik, dan total waktu penuangan pada 16 menit.
  - d. Kualitas hasil pengecoran paling optimal ketika seting parameter berada di faktor A (lama pembuatan cairan logam) diset pada level 2 (100 menit), faktor B )lama penuangan) diset pada level 3 (5 detik), dan faktor C (total waktu penuangan) diset pada level 1 (14 menit).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Barnes, J. W., *Statistical Analysis For Engineers and Scientist A Computer-Based Approach*, International Edition, 1994.
2. Belavendram, N., *Quality By Design: Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall, London, 1995
3. Besterfield, D. H., *Quality Control*, Sixth Edition, Upper Saddle River, New Jersey, Colombur Ohio, 2001.
4. Feigenbau, A., V., *Total Quality Control*, Third Edition Revised Fortieth Anniversary Edition, Mc Graw-Hill International Edition, Industrial Engineering Series, 1991
5. Iriawan, N., *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*, ANDI OFFSET, Yogyakarta, 2006
6. Krismoyo, Y., *Analisis Seting Parameter yang Optimum untuk Mendapatkan Jumlah Cacat Minimum pada Kualitas Roll 6"TL*, Tugas Akhir Prodi Teknik Industri, FTI – UAJY, 2010.
7. Mitra, A., *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, MacMillan Publishing Co., New York, 1993.
8. Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons, New York, 1997.

